

Оразымбетова А.К.
**Исследование дисперсии
оптического волокна
от длительности
раздавляющего воздействия**

В процессе укладки и эксплуатации волоконно-оптического кабеля (ВОК), в нем могут возникать несимметричные напряжения, увеличивающиеся при его неправильных намотке и монтаже. В статье представлены результаты экспериментальных исследований зависимости изменения длительности импульса излучения при сдавливающим воздействии на многомодовое оптическое волокно. Установлено, что внешние воздействующие факторы оказывают заметное влияние на параметры оптических волокон. Показано, что расплывание длительности импульса обусловлено двулучепреломлением и рассеянием на нанопорах, при этом процессы роста длительности импульса ускоряются, если световод находится под постоянной увеличивающейся нагрузкой.

Ключевые слова: многомодовое оптическое волокно, надежность, раздавливающая сила, прочность, световод.

Orazymbetova A.K.
**Investigation of dependence
of the optical fiber dispersion
on duration of the compressive
impact**

Unbalanced tensions can appear in the fiber-optic cable (FOC) during the laying and maintenance of it, these tensions can even increase at improper winding and installation of the cable. The article presents the results of experimental investigations of dependence of radiation pulse duration on the compressive force acting on a multimode optical fiber. It is found that the external influence factors impact significantly on the parameters of the optical fibers. It is shown that the spreading of pulse duration is caused by birefringence and scattering at nanopores, and the processes of pulse duration increase are accelerated if the light guide is under constantly increasing load.

Key words: multimode optical fiber, reliability, compressive force, strength, light guide.

Оразымбетова А.К.
**Езгілеу әсерінің ұзақтығына
байланысты оптикалық
талшықтың дисперсиясын
зерттеу**

Дұрыс емес монтажда және орағанда көбейетін симметриялық емес кернеу, оптикалық-талшықты кабельді (ОТК) пайдалану және орнату кезінде пайда болу мүмкін. Көп модальды оптикалық талшыққа сәулеленудің қысу кезіндегі импульсінің ұзақтығы өзгеру кезіндегі әсерінің өзгеру коэффициентіне тәуелді экспериментальді зерттеудің нәтижесі мақалада көрсетілген. Оптикалық талшықтың параметрлеріне сыртқы әсер ету факторлары белгіленген. Жарық диоды тұрақты өсу жүктемесінің әсерінде болғанда, импульс ұзақтығы ұлғаяды, импульс ұзақтығының жайылу нанопорлардың шашырауы және екі сәуле сынуына тәуелділігі көрсетілген.

Түйін сөздер: көп модальды кабель, сенімділік, жаншитын күш, тұрақтылық, жарық өткізгіш

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСИИ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАЗДАВЛИВАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Введение

Для определения степени надежности передачи информации по оптическому волокну от внешних климатических условий и некачественной прокладки оптического кабеля (ОК) необходимо исследование возникновения ошибки передачи информации при различной длительности раздавливающей силы.

Поэтому работы, направленные на исследование влияния сдавливающего воздействия на характеристики передачи световода, могут быть отнесены в разряд актуальных.

Известно, что при выборе оптического волокна (ОВ) для прокладки и эксплуатации в суровых климатических условиях местности необходимо учитывать параметры механической прочности оптического волокна [1, 2].

Так, в работе [3] исследовалось влияние покрытия на прочность и динамическое поведение усталостного разрушения кварцевых волокон в зависимости от влажности окружающей среды. Зависимость от вида воздействия окружающей среды на волокно, характер поведения сигналов межмодовой интерференции в многомодовых световодах исследовалось в работе [4].

В [5] рассмотрен упругооптический эффект поперечного сдавливания круглого одномодового световода, который привел к изменению состояния поляризации света вследствие изменения разности фаз двух ортогонально-поляризованных мод, а в [6, 7] исследованы вопросы двулучепреломления и поляризационные характеристики одномодовых оптических волокон при упругих анизотропных деформациях.

Влияние поляризационной модовой дисперсии на распространение оптических импульсов в одномодовых волоконных световодах с очень слабым линейным двулучепреломлением и случайными неоднородностями рассмотрены в [8]. Зависимость срока службы некоторых волокон от механических воздействий при изготовлении, прокладке и в процессе эксплуатации ОК изучалась компанией Corning [9], а также механическая надежность оптических волокон и кабелей с изгибами и растяжением изучалась авторами в [10].

Эксперимент

Исследования функции дисперсии импульса в многомодовом оптическом волокне (МОВ) от величины раздавливающей силы проводились на экспериментальной установке, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

Регистрирующая система содержала набор источников монохроматического излучения (неоди-

мовый лазер в одночастотном режиме с пассивной модуляцией добротности LF117, 10^6 Вт); фотоприемник ФД-09; осциллограф стробоскопический LeCroy WaveExpert 100Н с разверткой 1 пс/дел. Регистрировали амплитуду и длительность импульсов, по которым пересчитывалась дисперсия. Дисперсия оценивалась по расплыванию импульсов длительностью 15 нс. Длительность импульса измеряли на половине высоты импульса.

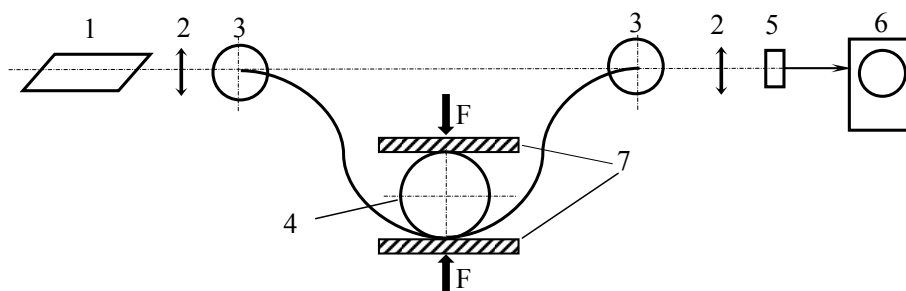


Рисунок 1 – Схема измерения длительности импульса излучения при сдвливании МОВ при комнатной температуре: 1 – неодиновый лазер (1,06 мкм) с пассивной модуляцией добротности, 2 – линза, 3 – поворотный столик с электронной системой контроля угла, 4 – бухта с многомодовым оптическим волокном, 5 – фотоприемник, 6 – электронный осциллограф, 7 – деревянное основание под прессом.

МОВ длиной 1500 м находился на бухте диаметром 16 см. Бухта раскладывалась без перехлеста на нижнее деревянное основание размерами 1,0'0,1 м. Сверху ложилась такая же деревянная плита. Такая конструкция помещалась под пресс. Раздавливающее усилие определялось по манометру гидравлического пресса. Для каждого измерения раздавливающая сила действовала постоянно в течении времени. Длительность импульса определялась при действии раздавливающего усилия в течении заданного времени. Переход на новое раздавливающее усилие проводили путем увеличения давления с предыдущего значения.

Каждый излучатель снабжен индивидуальным фокусирующим объективом и зажимом для световода, зафиксированных друг относительно друга. Зажим для световода выполнен в виде двух пластин, закрепляемых между собой с помощью откидных винтов. Верхняя пластина плоская, на нижней продлан паз, имеющий сечение в виде прямоугольника. Световод закладывался в паз, его конец выравнивался по краю нижней пластины и зажимался верхней пластиной. Смена источника излучения представляла собой перенос конца испытываемого световода из зажима одного источника излучения в зажим другого.

Результаты исследований представлены на рис. 2.

Предельная точность 0,1 пс обусловлена большой длительностью (15 нс) зондирующих импульсов и разрешением по времени используемых приборов. Перед подачей на ФЭК, имеющих время нарастания переднего фронта больше, чем 10^{-12} В/с, лазерные импульсы ослабляли по интенсивности. Это позволило получать лучшую чувствительность по времени.

Уширение длительности импульса (рис. 2) пропорционально увеличению силы сдвливающего воздействия (от 0,6 МПа до 26 МПа) на коротком промежутке времени (15 минут). При этом происходит уширение длительности импульса в два раза на максимальном раздавливающем воздействии (26 МПа) в течении минимального времени. Минимальное сдвливающее воздействие (0,6 МПа) при комнатной температуре в течении длительного времени приводит к уширению импульсов на 25% после 192 часов. После 192 часов при минимальном сдвливании (рисунок 3) происходят усталостные явления, что говорит о большом влиянии длительного времени воздействия и вероятность разрушения зависит не только от приложенного напряжения, но и от времени, так как рассеяние на нанопорах генерирует более высокие пространственные моды.

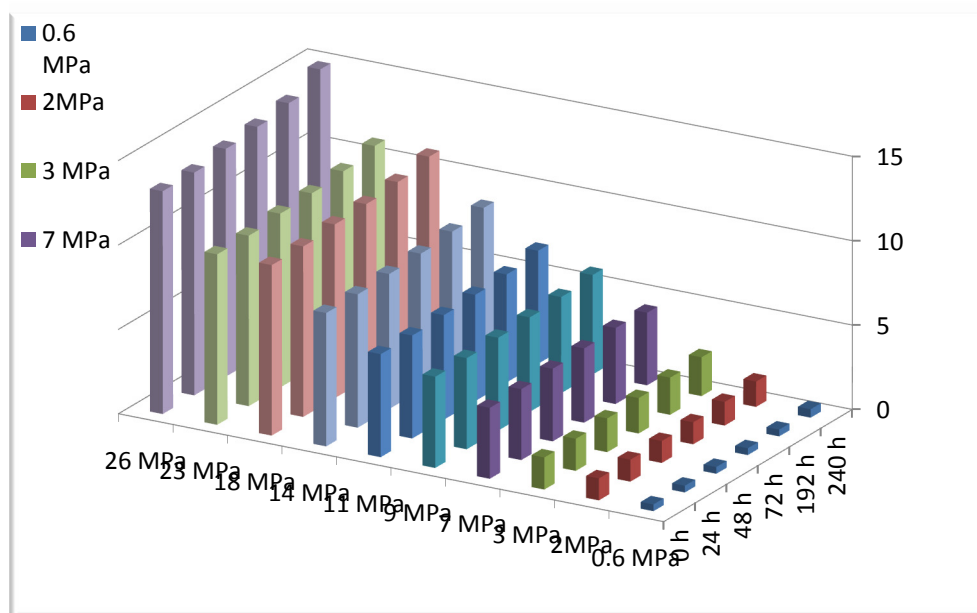


Рисунок 2 – Зависимость изменения длительности (Δt , пс/км) импульса излучения (1,06 мкм 15 нс) при сдавливающем воздействии на МОВ (дисперсия при раздавливающем усилии, МПа) при комнатной температуре.

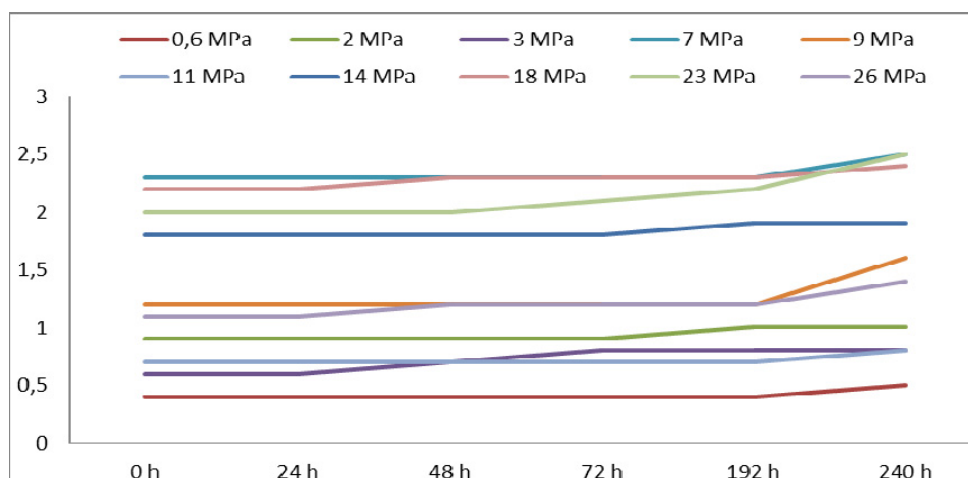


Рисунок 3 – Динамика изменения дисперсии от предыдущей силы воздействия на ОВ в течении заданного времени.

Под действием механических нагрузок происходит непрерывный рост микродефектов, заканчивающихся разрушением волокон.

Представленная на рис. 3 динамика уширения информационных оптических импульсов по сравнению с предыдущей передачей импульсов в зависимости от увеличения силы воздействия показывает, что при раздавливании равным 7 МПа и от 14 МПа происходит расплывание длительности импульса обусловленное двулучепреломлением.

Выводы

Расплывание длительности импульса обусловлено двулучепреломлением и рассеянием на нанопорах, так как рассеяние на нанопорах генерирует более высокие пространственные моды.

Процессы роста длительности импульса ускоряются, если световод находится под постоянной увеличивающейся нагрузкой.

References

1. Borzycki K. Temperature dependence of polarization mode dispersion in tight-buffered optical fibers // *Journal of Telecommunications and Information Technology*. – 2008. - № 1. - P. 56-66.
2. Belovolov M.I., Bubnov M.M., Dianov Ye.M., Semenov S.L., Gur'yanov A.N., Khopin V.F., Belanov A.S., Krivenkov V.I., Sinev S.G., Krashchenko I.A., Belovolov A.M. Odnomodovyy volokonnyy svetovod s dopolnitel'nyim kol'tsevim svetovodom dlya dvukhkanal'noy svyazi i spetsial'nykh primeneniy // *Kvantovaya elektronika*. - 2001. – T.31. - № 8. – S.733-739.
3. Kurkjian C. R., Armstrong J. L., and Matthewson M. J. Humidity Dependence of the Fatigue of High-Strength Fused Silica Optical Fibers // *Journal of the American Ceramic Society-Armstrong et al.* - 2000. - Vol. 83. - №12. - P. 3100-3108.
4. Kotov O.I., Kosareva L.I., Liokumovich L.B., Markov S.I., Medvedev A.V., Nikolayev V.M. Dva mekhanizma fazovoy modulyatsii v mnogomodovykh volokonnykh svetovodakh. // *Pis'ma v ZHTF*. – 2000. - T.26. - №2. - S.52-63.
5. Kotov O.I., Khlybov A.V., Liokumovich L.B., Markov S.I., Medvedev A.V., Rukavishnikov V.A., Borovkov A.I., Shevchenko D.V. Polyarizatsionnaya modulyatsiya sveta pri poperechnom szhatii opticheskogo volokna // *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki*. – 2006. – T. 76. - №11. - S.101-107.
6. Sakai J.-I., Kimura T. Birefringence and Polarization Characteristics of Single-Mode Optical Fibers under Elastic Deformations // *IEEE Journal of Quantum Electronics*. - 1981. - Vol. QE-17. - №6. - P. 1041–1051.
7. Vinogradova I.L., Sultanov A.KH., Yanyshev SH.B. Otsenka parametrov iskazheniy impul'snogo signala, vyzvannykh deystviyem dvulucheprelomleniya v volokonno-opticheskikh liniyakh peredachi // *Infokommunikatsionnyye tekhnologii* – 2012. – T. 10. - №1. - S.21-28.
8. Malykin G.B., Pozdnyakova V.I. Influence of the polarization mode dispersion on the propagation of ultrashort optical pulses in single-mode fiber lightguides with very weak linear birefringence and random inhomogeneities // *Radiophysics and Quantum Electronics, Springer Science+Business Media, Inc.* – 2011. - Vol.54. - №4. - P.274-283.
9. Mechanical reliability: applied stress design guidelines. - Corning, WP5053. - 2002.
10. Mazzaresse D., Weimann P., Norris R., and Konstadinidis K. Reliability Considerations for Next-Generation Bend-optimized Fibers // *International Wire & Cable Symposium. Proceedings of the 57th IWCS*. - 2008. - P.269-278.